

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ВОЛОГОМІРА

Виміри вологості довкілля - ще не сталий напрям вимірювальної техніки. І хоча вже існують десятки методів виміру вологості повітря і сотні видів приладів, реалізованих на їх основі, пошук нових методів продовжується, оскільки в одному випадку потрібні прилади для оцінки невеликих кількостей вологи повітря, в інших - потрібно фіксувати невеликий діапазон виміру вологості, в третіх - виникає необхідність виміру вологи в широкому діапазоні температури.

Особливість цього параметра середовища полягає в тому, що волога може знаходитися у всіх фазах: газоподібній (водяна пара), рідкій (дощ, роса) і твердій (лід). У всіх цих фазах волога діє на людину як безпосередньо, так і опосередковано, тобто через мікроорганізми, для деяких видів яких водяні краплі є тимчасовим місцем існування.

Загальноприйнятої класифікації приладів поки ще немає. Найбільш вдалою вважається класифікація, заснована на фазовому стані вимірюваної вологи. Перехід з однієї фази в іншу використовується при вимірюванні вологості.

У метеорології відомі способи вимірювання вологості повітряного середовища, що передбачають використання гігроскопічних властивостей різних матеріалів, наприклад, органічної плівки, знежиреного людського волоса тощо. Відомий спосіб вимірювання вологості повітря, при якому в досліджуваному середовищі розміщують датчик вологості, що містить гігроскопічний матеріал, реєструють пружні деформації гігроскопічного елемента при зміні вологості повітря і передають їх на приймальну частину датчика, яка перетворює ці зміни в електричні сигнали, зручні для подальшої обробки. Вимірювання вологості повітряного середовища шляхом прямих методів є багатоопераційним і трудомістким процесом, що включає забір повітря, сорбцію вологи і перетворення сорбованої вологи в стан можливої кількісної оцінки. Все це ускладнює широке використання прямих методів вимірювання вологи.

Найбільш відомий прилад для вимірювання вологості повітря – психрометр, принцип дії якого заснований на різниці показників сухого і змоченого термометрів залежно від вологості навколишнього повітря. Недоліком цього приладу є відсутність наочності, необхідність використання психрометричної таблиці, інерційність.

Більш сучасні прилади використовують електричні властивості повітря, що дає можливість обробляти отриману інформацію у цифровому вигляді. Наприклад «Пристрій для вимірювання вологості повітря» [1] в якому використовується принцип визначення вологості повітря шляхом підрахунку кількості пробітів повітря електричним струмом. Недоліком цього приладу є складність конструкції та тривалість виконання вимірів, оскільки трапляються випадки, коли потрібно швидко і достатньо точно визначити вологість повітря.

Нами запропоновано пристрій для експрес-визначення вологості повітря на підставі вимірювання напруги пробією повітря [2].

Відомо, що вираз для пробійної напруги між електродами описується наступною формулою:

$$U_{i0} = a \frac{\rho}{\rho_0} d + b \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} d ; \quad (1)$$

де U_{i0} - пробійна напруга;

ρ - щільність повітря;

ρ_0 - щільність повітря при тиску 760 мм рт.ст. і температурі 20°C, - 1,29 кг/м³ ;

d - відстань між електродами, м;

a, b - постійні коефіцієнти, величина яких залежить від вологості повітря. Для повітря при атмосферному тиску $a = 43,6 \cdot 10^6$; $b = 12,8$.

$$\rho = \frac{P_d}{R_d \cdot T} + \frac{P_v}{R_v \cdot T} ; \quad (2)$$

де P_d - парціальний тиск сухого повітря;

P_v - парціальний тиск водяної пари;

R_d - газова стала для сухого повітря (287,058 Дж/(кг·К));

R_v - стала для пара (461,495 Дж/(кг·К));

T - температура (К).

$P_v = \varphi P_s$.

Відповідно до даних [3], існує наступна залежність між парціальним тиском водяної пари P_v , відносною вологістю повітря φ та температури t , (рис. 1).

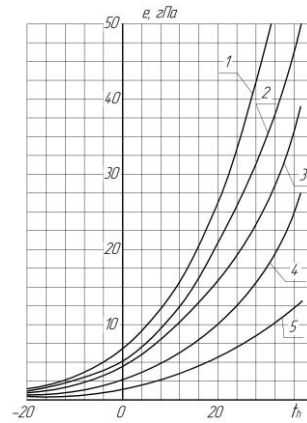


Рис. 1. Залежність між парціальним тиском водяної пари e , відносною вологістю повітря φ та температури t , φ , %: 1 – 100%; 2 – 80%; 3 – 60%; 4 – 40%; 5 – 20%.

При температурі 20°C складаємо таблицю 1.

Таблиця 1

φ , %	20	40	60	80	100
P_v , Па	500	1000	1500	2000	2500

По формулі (2) визначаємо щільність вологого повітря в залежності від відносної вологості (табл. 2).

Таблиця 2

φ , %	20	40	60	80	100
ρ , кг/м ³	1,22	1,219	1,215	1,211	1,208

Величина d – відстань між електродами, залежить від декількох факторів. Зокрема, від форми електричного поля, яка в свою чергу, залежить від форм електродів. У випадку пари електродів типу стрижень - стрижень, стрижень – площа, електричне поле є різко неоднорідним. Електроди у формі куль створюють слабо неоднорідне поле.

В зв'язку з цим, а також враховуючи більш лінійну залежність розрядної напруги від відстані між електродами обираємо електроди у формі кулі. Співвідношення d/D (відстані між електродами / діаметр кулі) показано в таблиці 3.

Таблиця 3

D , мм	5	6	7	8	9	10	11
d , мм	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4

Підставляючи отримані величини у формулу 1, отримуємо значення пробійної напруги між електродами та різницю значення пробійної напруги $\Delta U_{i\partial}$ в залежності від відстані між електродами d , та вологості повітря φ (табл. 4).

Таблиця 4

$d=1\text{мм}$	φ , %	20	40	60	80	100	$\Delta U_{i\partial}$
	$U_{i\partial}$, кВ	41,234	41,2	41,065	40,929	40,828	0,41
$d=1,5\text{мм}$	φ , %	20	40	60	80	100	
	$U_{i\partial}$, кВ	61,851	61,8	61,598	61,395	61,242	0,61
$d=2\text{мм}$	φ , %	20	40	60	80	100	

	$U_{i\partial}$, кВ	82,466	82,4	82,13	81,86	81,66	0,81
d=2,5мм	φ , %	20	40	60	80	100	
	$U_{i\partial}$, кВ	103,09	103	102,66	102,33	102,07	1,02
d=3мм	φ , %	20	40	60	80	100	
	$U_{i\partial}$, кВ	123,7	123,6	123,2	122,7	122,5	1,2
d=3,5мм	φ , %	20	40	60	80	100	
	$U_{i\partial}$, кВ	144,3	144,2	143,7	143,3	142,9	1,4
d=4мм	φ , %	20	40	60	80	100	
	$U_{i\partial}$, кВ	164,94	164,23	164,05	163,71	163,314	1,62

За даними з таблиці 4 будемо графік залежності $\Delta U_{i\partial}$ від d (рис. 2).

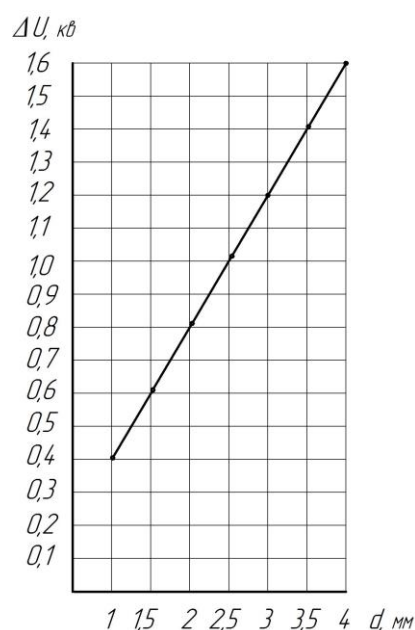


Рис. 2

Висновки.

1. За допомогою розробленого нами пристрою можливо швидко отримати значення вологості повітря з достатньою ступеню достовірності.
2. Встановлено залежність між вологістю повітря, пробійною напругою між електродами та відстанню між електродами.
3. Запропоновано оптимальну форму електродів.
4. Проведені та надані розрахунки дають можливість обрати конструктивні параметри конструкції приладу – робочу напругу та величину відстані між електродами в залежності від потрібної чутливості.

Список використаних джерел:

1. А.С. СССР №1697032 А1.
2. Електричний вимірювач вологості повітря. Патент України на корисну модель. № 923346. Опубл. 11.08.2014, Бюл. №15.
3. Янченко Г.А. Термодинамика. Часть 2. Основные свойства и параметры состояния многокомпонентных веществ. Теплоёмкость веществ и показатель адиабаты газов. – М.: МГУ, 2004. – 129 с.